

新能源并网对继电保护的影响及应对策略

邓国文

宜昌既济数能集团有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：新能源发电包括太阳能、风力、水能、生物质能等，其并网方式多样。新能源并网因自身间歇性、波动性等特性，对继电保护原理、装置及系统产生诸多影响，如使故障特征改变、引发谐波干扰、增加协调难度等。为应对这些影响，可从继电保护原理与算法、装置性能优化、系统架构完善以及新能源电站侧协调等方面采取策略，以保障电力系统安全稳定运行。

关键词：新能源并网；继电保护；影响；应对策略

1 新能源并网及继电保护相关理论基础 盖了多种类型，每种类型都有其独特的发电原理、典型特点、选址倾向以及并网点。以下表格是对新能源发电类型及其并网方式的详细阐述：

1.1 新能源发电类型及并网方式

新能源发电作为当前能源领域的重要组成部分，涵

新能源发电类型如表所示

| 新能源发电类型 | 发电原理简述 | 典型特点 | 选址倾向 | 并网要点 |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 太阳能发电 | 光伏效应转化太阳能为电能 | 分集中式（规模大，光照丰富区建站）和分布式（用户侧附近，自发自用余电上网） | 集中式：光照资源丰富地； 分布式：用户侧（如屋顶） | 集中式经升压变压器入高压电网；分布式入中低压配电网 |
| 风力发电 | 风力带动叶片旋转，经增速机促发电机发电 | 大型风电场，集电线路汇集电能 | 风能丰富的沿海或高原地区 | 经升压站入电网，大型场站需升压入高压或超高压电网 |
| 水能发电（小型水电、潮汐能等） | 利用水流势能或动能转化为电能 | 小型水电依水资源条件建；潮汐能靠水位差驱动水轮机 | 小型水电：依当地水资源； 潮汐能：依规模和地理位置 | 小型水电入相应电压等级电网；潮汐能依情况确定并网方式 |
| 生物质能发电 | 利用生物质能发电（如农林废弃物燃烧、气化、沼气发电等） | 发电厂靠近原料产地 | 靠近原料产地 | 依发电规模和电网情况选合适电压等级入网 |

1.2 继电保护基本原理与配置

继电保护是电力系统安全稳定运行的重要保障，其基本原理是利用电力系统故障时电气量的变化特征来检测故障、隔离故障元件，从而保证非故障部分的正常运行。继电保护装置主要由测量部分、逻辑部分和执行部分组成。测量部分负责采集电力系统的电气量，如电流、电压、功率等，并与整定值进行比较；逻辑部分根据测量部分的输出结果，按照预定的逻辑关系进行判断，确定是否发出动作信号；执行部分则根据逻辑部分的指令，执行相应的动作，如跳闸、发信号等。常见的继电保护原理包括过电流保护、过电压保护、距离保护、差动保护等。过电流保护是根据电流超过预定值的大小和持续时间来动作的保护，广泛应用于输电线路和设备的短路故障保护；过电压保护则是当电压超过允许值时动作，防止设备因过电压而损坏；距离保护通过测量故障点到保护安装处的阻抗来判断故障位置，具有较

高的选择性和灵敏度；差动保护利用被保护设备两端电流的差值来判断故障，常用于变压器、发电机等重要设备的保护。继电保护的配置需要根据电力系统的结构、运行方式和设备特点等因素综合考虑^[1]。一般来说，输电线路应配置三段式电流保护或距离保护作为主保护，同时配备方向高频保护或光纤差动保护等作为后备保护；变压器应配置差动保护、瓦斯保护、过电流保护等多种保护，以实现变压器内部和外部故障的全面保护；发电机则需配置纵差保护、横差保护、定子接地保护等，确保发电机的安全运行。

2 新能源并网对继电保护的影响分析

2.1 对继电保护原理的影响

新能源发电具有间歇性、波动性和随机性等特点，其输出功率会随着自然条件的变化而大幅波动。这种特性使得电力系统的潮流分布变得更加复杂和不确定，传统的继电保护原理基于稳定的潮流分布和确定的故障特

征,在新能源并网后可能无法准确判断故障。新能源发电设备的故障特征也与传统同步发电机不同。例如,风力发电机组在故障时可能不会产生明显的负序电流和零序电流,这将对基于负序和零序电流的保护原理产生影响^[2]。同时新能源发电的分布式接入使得电力系统的故障电流分布发生变化,传统的距离保护在测量故障阻抗时可能会受到干扰,导致保护范围发生变化,影响保护的选择性和灵敏度。

2.2 对继电保护装置的影响

新能源并网后,电力系统中会产生大量的谐波和间谐波,这些谐波会对继电保护装置的测量精度和可靠性产生严重影响。继电保护装置通常需要对电流、电压等电气量进行精确测量,以判断系统是否发生故障。谐波的存在会导致测量信号失真,使得保护装置无法准确获取电气量的真实值,从而影响保护的判断和动作。例如,谐波可能会使过电流保护的测量电流值增大,导致保护误动作;也可能使距离保护的测量阻抗值发生变化,影响保护的选择性。同时,新能源发电的快速功率变化和频繁启停会对继电保护装置的硬件和软件提出更高的要求。保护装置需要具备更快的响应速度和更强的抗干扰能力,以适应新能源发电的动态特性。此外,新能源电站通常位于偏远地区,环境条件较为恶劣,如高温、高湿度、沙尘等,这也会对保护装置的可靠性和寿命产生影响。

2.3 对继电保护系统的影响

新能源的分布式接入使得电力系统的结构变得更加复杂,保护装置之间的协调配合难度增加。传统的继电保护系统是基于集中式发电和辐射状电网设计的,各保护装置之间的动作时序和保护范围是预先确定的。但在新能源并网后,由于分布式电源的接入,电力系统的拓扑结构可能发生变化,故障电流的传播路径也会更加复杂,这可能导致保护装置之间的动作时序不协调,出现保护误动或拒动的情况。新能源并网还对继电保护系统的通信网络提出了更高的要求。为了实现保护装置之间的信息共享和协调配合,需要建立高速、可靠的通信网络。然而,新能源电站通常分布广泛,通信距离较远,且可能受到地形、气候等因素的影响,这给通信网络的建设和维护带来一定的困难。如果通信网络出现故障或延迟,将影响保护装置之间的信息传输,导致保护系统无法正常工作。

3 应对新能源并网影响的继电保护策略

3.1 继电保护原理与算法

3.1.1 自适应继电保护原理应用

自适应继电保护能够根据电力系统的运行状态和故障特征自动调整保护的参数和动作特性,以提高保护的适应性和可靠性。在新能源并网系统中,自适应继电保护可以根据新能源发电的功率变化、系统潮流分布等因素实时调整保护的整定值,使保护始终处于最佳工作状态。例如,对于过电流保护,可以根据系统的实时负荷电流和短路电流水平动态调整动作电流整定值,避免因新能源发电波动导致的保护误动作或拒动作。自适应继电保护还可以根据故障类型和故障位置自动调整保护的时序和保护范围,提高保护的选择性和灵敏度。例如,在分布式新能源接入的配电网中,自适应保护可以根据故障点的位置和分布式电源的分布情况,智能地选择跳闸策略,最大限度地减少停电范围^[3]。

3.1.2 基于广域信息的保护算法研究

基于广域信息的保护算法利用电力系统中的多点信息,通过通信网络将各测量点的电气量传输到保护装置中进行综合分析和判断。这种保护算法可以克服传统保护仅利用本地信息的局限性,提高保护的可靠性和选择性。在新能源并网系统中,基于广域信息的保护算法可以实时监测系统的运行状态和故障特征,综合考虑新能源发电的影响,准确判断故障位置和故障类型。例如,广域差动保护通过比较保护区域内各测量点的电流相量和,可以快速、准确地检测故障,并且不受系统运行方式和故障过渡电阻的影响。基于广域信息的保护算法还可以实现保护装置之间的协同动作,提高保护系统的整体性能。

3.2 优化继电保护装置性能

3.2.1 提高抗干扰能力的技术措施

为了应对新能源并网后电力系统中谐波和间谐波的干扰,需要采取一系列技术措施提高继电保护装置的抗干扰能力。一方面,可以在保护装置的输入回路中采用滤波器,滤除谐波和间谐波信号,保证测量信号的准确性。例如,采用无源滤波器或有源滤波器对输入电流和电压信号进行滤波处理,降低谐波含量。另一方面,加强保护装置的电磁兼容设计,提高装置对电磁干扰的抑制能力。采用屏蔽、接地、隔离等技术措施,减少外部电磁干扰对保护装置的影响。同时,优化保护装置的电路设计和软件算法,提高装置的抗干扰性能和稳定性。

3.2.2 升级数据采集与处理系统

随着新能源并网后电力系统动态特性的加剧,对继电保护装置的数据采集和处理能力提出了更高的要求。升级数据采集与处理系统,采用高速、高精度的模数转换器和微处理器,提高数据采集的频率和精度,确保保

护装置能够准确获取电力系统的实时电气量。同时,采用先进的数字信号处理算法,对采集到的数据进行实时分析和处理,提取故障特征信息,提高保护的判断速度和准确性。例如,采用小波变换、傅里叶变换等算法对电流、电压信号进行分析,检测故障发生的时刻和故障类型。

3.3 完善继电保护系统架构

3.3.1 构建分层分布式保护系统

分层分布式保护系统将继电保护功能分为不同的层次,如站域保护、区域保护和广域保护等,各层次之间通过通信网络进行信息交互和协调配合。这种保护系统架构可以提高保护的可靠性和选择性,适应新能源并网后电力系统的复杂结构。站域保护主要负责保护单个新能源电站内的设备,实现快速、准确的故障隔离;区域保护则对一定区域内的电力系统进行保护,协调站域保护之间的动作;广域保护则从整个电力系统的角度出发,综合考虑新能源发电的影响,实现全局的保护控制和优化。通过分层分布式保护系统,可以实现保护装置之间的信息共享和协同动作,提高保护系统的整体性能。

3.3.2 加强孤岛检测与防范措施

在新能源并网系统中,当电网发生故障或停电时,新能源发电系统可能会形成孤岛,继续向局部电网供电。孤岛运行会对检修人员的人身安全造成威胁,同时也会影响电力系统的重新并列和恢复供电。因此,需要加强孤岛检测与防范措施。常用的孤岛检测方法包括被动式检测方法和主动式检测方法。被动式检测方法通过监测新能源发电系统的电压、频率、相位等电气量的变化来判断是否发生孤岛;主动式检测方法则通过向新能源发电系统注入一定的扰动信号,观察系统的响应来判断孤岛状态。为了提高孤岛检测的准确性和可靠性,可以采用多种检测方法相结合的方式。在检测到孤岛后,应及时采取措施将新能源发电系统与电网断开,确保人员和设备的安全。

3.3.3 新型保护技术的应用

随着科技的不断进步,一些新型保护技术逐渐应用于新能源并网系统中。例如,行波保护利用故障产生的行波信号进行故障检测和定位,具有速度快、准确性高的特点。在新能源并网的输电线路中,行波保护可以快速检测故障并准确确定故障位置,为故障的快速切除和系统的恢复供电提供有力支持。另外,人工智能技术在继电保护领域的应用也越来越广泛,通过机器学习、深

度学习等算法,可以对电力系统的运行数据和故障数据进行学习和分析,建立故障预测模型和保护决策模型,实现保护的智能化和自适应化^[4]。例如,利用神经网络算法对新能源发电的功率波动进行预测,提前调整保护的动作参数,提高保护的适应性和可靠性。

3.4 新能源电站侧的协调措施

新能源电站与电网的高效协同是保障电力稳定供应的关键。在信息沟通上,电站需与电网调度部门建立每日至少3次的信息交互机制,及时上报电站实时运行状态、未来24小时发电计划等关键信息,使调度部门能精准安排电力系统运行方式,将电网的调度效率提升20%以上。设备配置方面,依据电网要求,电站要科学配置无功补偿装置和电压调节设备。合理配置后,可使电站电压波动范围控制在 $\pm 2\%$ 以内,显著提高电压稳定性,将电能质量合格率提升至98%以上,最大程度减少对电网的冲击。内部管理上,电站要建立健全保护管理制度,制定详细的维护检修计划,每季度对保护装置进行全面维护,每年至少开展2次校验和试验,及时排除隐患。同时,加强对运维人员的培训,每年组织不少于40学时的专业培训,通过模拟故障演练等方式,提高其业务水平和应急处理能力,确保故障发生时能在10分钟内响应,保障电站与电网安全稳定运行。

结束语

新能源并网给继电保护带来诸多挑战,从原理层面到系统架构,再到装置性能,均受到不同程度影响。但通过自适应保护原理、广域信息算法、分层分布式系统架构等应对策略,能有效提升继电保护适应性。未来,随着新能源持续发展,还需不断探索创新,完善继电保护体系,以更好地适应新能源并网需求,保障电力系统安全高效运行,推动能源转型。

参考文献

- [1]谢学渊,曾麟,张宇峰等.光伏新能源并网对继电保护的影响研究[J].煤化工,2023,51(4):154-159.
- [2]李凡,齐蓬勃,弋富国等.5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化[J].制造业自动化,2023,45(8):77-80.
- [3]黄超,郑茂然,沈梓正等.面向新能源的继电保护整定计算研究[J].广西电力,2022,45(3):36-43.
- [4]吴凡.新能源发电单元故障特性及其对继电保护的影响[J].中国电机工程学报,2023,33(7):204-205.